微波信号光纤传输中自动增益控制系统的应用

摘　要：本文分析了微波自动增益控制技术原理及电路结构、系统主要技术指标等，如检波器频率范围、系统所能分辨最小输入信号变化值的灵敏度和输入信号动态范围，研究了微波信号光纤传输系统技术及原理。通过系统数字调制与模拟调制，实现了对微波信号光纤传输中的自动增益控制系统的良好应用。

关键词：微波信号；光纤传输；自动增益系统；控制
中图分类号：TN929.11　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2019）03-115-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2019.03.032

文 / 邓依荞

互联网与物联网时代，自动增益控制电路在各行各业中得到充分而广泛的应用。自动增益控制电路主要功能在于基于反馈原理，通过自动增益控制，保证接收机中的微波信号光纤传输能够保持恒定，实现整机输出，减少高频信号在长距离传输过程中的信息损耗，由此便可避免饱和、失真及压缩信号损害系统后端设备，满足高容量信息技术时代下的微波通信需求 [1]。

1. 微波自动增益控制技术分析

1.1 微波自动增益控制技术原理

微波信号光纤传输是当前光通信技术与无线通信技术融合下的产物，也是未来我国通信技术领域的一大前沿技术。四川广播电视台 702 发射传输台播出监测系统自从 2003 年建成以来，已连续运行工作 15 年，该系统需要采集传输的微波信号包括 1 路 VGA 信号、18 路 LBANDQPSK 信号及 8 路 ASI 信号，虽然微波信号光纤传输具有信号稳定、带宽大、损耗低、无辐射和免于电磁干扰等技术优点，但由于在长距离高频信号传输中微波光纤信号的带宽会受到影响与干扰，因此，需要通过微波自动增益实现高容量微波信号信息传输。如图 1 所示为微波自动增益控制技术实施原理图 [2]：

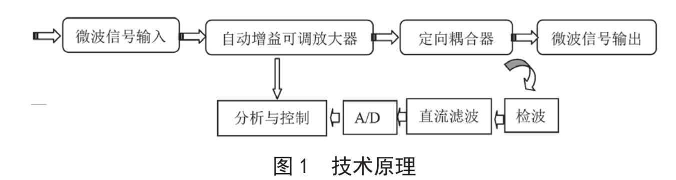


图 1　技术原理

在微波信号传输通路中，先经过可调增益放大器，向定向耦合器传输微波自动增益控制信号，然后定向耦合器中的耦合信号与直通信号分别输出直流电信号与微波信号；检波器经过直流滤波及 A/D 转换，最后通过数字信号分析与模拟，输出可调增益微波信号。在此末端环节，通过分析与控制可自动设置微波信号输出控制可调增益放大倍数。

1.2 微波自动增益控制技术指标分析

1.2.1 检波器频率范围

它是整个微波自动增益控制系统技术实施的关键指标。在不同的运行频率之下，系统检波器的控制结果偏差很大，这种偏差会随着自动增益控制系统频段范围跨度的增大而增加。为防止检波器本身的频率范围波动对微波自动增益控制系统技术的实施结果产生较大干扰和影响，应在宽频带系统中加强对定向耦合器与系统检波器输入耦合信号的阻抗匹配性研究，减小检波器频率范围误差 [3]。

1.2.2 系统所能分辨最小输入信号变化值的灵敏度

整个微波自动增益控制系统的 A/D 分辨率与其灵敏度指标有着直接关联，系统检波器输出的直流电压与输入微波自动增益控制系统中的微波信号的实际幅度成正比，而通过检波输出的直流电压会受电波信号的波纹干扰和影响。由于具体频段不同，所以实际微波信号干扰程度也不同。在微波传输自动增益控制过程中，应根据输入到检波器中的实际微波信号进行直流滤波。

1.2.3 系统输入信号动态范围

微波自动增益控制系统中输入和输出的微波信号均会在一定范围内进行波动，但可调增益放大器的增益调整范围能够直接影响微波输入信号的动态变化值。一般而言，增益调整范围越小或越大，输入微波自动增益控制系统中的信号动态范围也就越小或越大。

2. 微波信号光纤传输技术原理

2.1 微波信号光纤传输系统

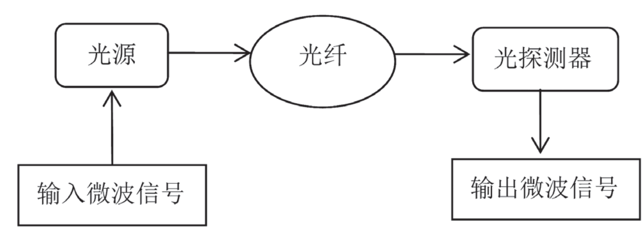


图 2　微波信号光纤传输系统图示

图 2 所示为微波信号光纤传输系统架构，主要由输入的微波信号、光源及光纤、光探测器和输出的微波信号五部分组成。在微波信号光纤传输中，微波信号先需要被调制到波长为 1260~1610nm 的光信号中，而微波光信号则需经过光纤传输，被输入到光探测器，再经过光探测器，从光信号中将微波信号解调出来，最终输出微

波信号。

在上述系统中，微波信号光纤传输需经过“光源”这一核心模块实现模拟信号与光信号的微波调制与转换，进而通过数字调制 / 模拟调制或直接调制 / 降解调制，按照如下图 3 所示原理，输出所需微波信号，有效避免了信号失真这一问题的出现。

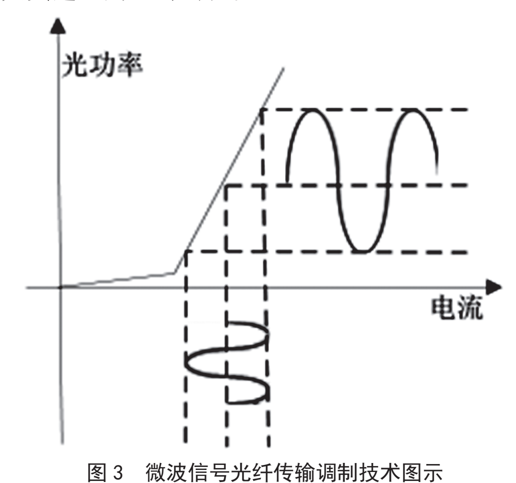


图 3　微波信号光纤传输调制技术图示

在图 3 中，可用如下公式表示经过调制后输出的微波光纤信号的输出光功率 [4]：

$P(t)=P_0(1+m_i\cos_{\omega t})$　（式 1）

式中：

微波信号光纤传输平均光功率——P_0；

微波信号光纤传输强度调制系数——m_i；

微波信号光纤传输调制信号角频率——ω_m。

2. 2 微波信号光纤传输及调制原理

目前，最常用的外调制器是铌酸锂 $LiNbO^3$ 马赫 – 曾德，其通过行波电极可在较小的调制信号频率之内，实现高速率工作，这种外调制器下的光纤能够与光波导进行有效耦合，同时还可减小原理上器上的光纤损耗，降低对波长的依赖性，提升系统调制工作性能。但在外调制中，须使外调制器处于最佳偏置点，并通过分析输入的光功率、外界环境温度及调制时间等因素的影响和干扰，才能防止经调制后的微波信号失真或发生漂移。

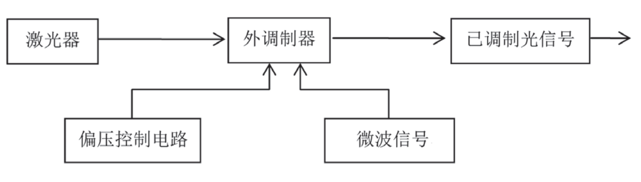


图 4　外调制原理

3. 微波信号光纤传输中自动增益控制系统的应用分析

在我站原有信号源切换传输系统中，卫星地球站的 ASI 基带光纤、广电中心微波 6 路信号源及高塔 SDH 微波等，依次经自动切换矩阵 8X8ASI 模块后，输出口分别接入 5 个调制器中，并经过中频自动切换开关接入中频手动切换开关。但自动切换矩阵 8X8 ASI 模块在信号传输时，需通过跳站切换信号源，不仅安全性较差，且需要多个信号调制器。

基于自动增益控制系统进行微波信号光纤传输时，地球站现有系统的 6 路信号源分别通过广电中心微波、高塔 SDH 微波及 ASI 基带光纤就可传输至地球站，在自动增益控制中，需事先将微波信号调制到系统光源中，然后，通过光纤即可将系统光源输出的调制光信号输入到光探测器中。

经解调，微波信号从光信号光探测器中解调而出，通过增益可调放大器自动增益控制，微波信号即可自动输入到定向耦合器。在最终输出过程中，一部分微波信号会输出到定向耦合器中，还有另外一部分微波信号会自动被输出到系统检波器，从中输出直流信号，并经过直流滤波与 AD 转换，由自动增益控制系统的可调增益放大器模块增益控制，输出所需数字信号 [5]。

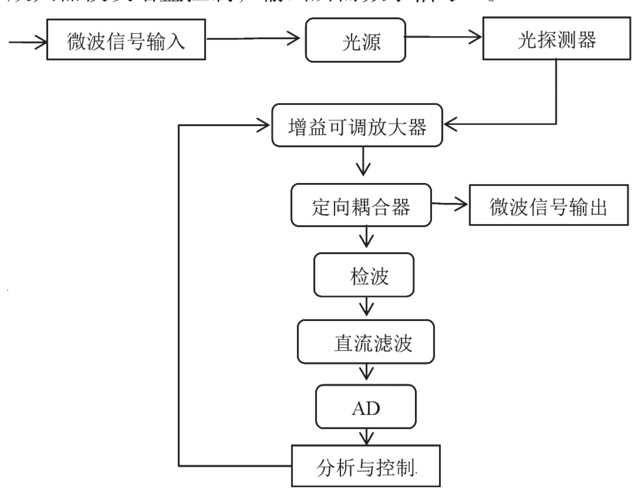


图 5　技术应用流程

根据上述流程 ，得到基于自动增益控制的微波信号光纤传输技术应用测试结果，详细对比数据值见表 1、表 2：

表 1　应用测试结果

微波信号光纤传输中的实际输入信号频率（MHz）	微波信号光纤传输中的实际输入信号幅度（dBm）	基于自动增益控制的微波信号光纤传输技术应用测试结果统计（dBm）
95MHz–105MHz	–20dBm	–10.96dBm
	–15dBm	–10.65dBm
	–10dBm	–10.72dBm
450MHz–550MHz	–20dBm	–11.05dBm
	–15dBm	–11.26dBm
	–10dBm	–11.03dBm
900MHz–1100MHz	–20dBm	–10.59dBm
	–15dBm	–10.67dBm
	–10dBm	–10.52dBm

表 2　未经自动增益控制的微波信号光纤传输技术应用测试结果

微波信号光纤传输中的实际输入信号频率（MHz）	微波信号光纤传输中的实际输入信号幅度（dBm）	未基于自动增益控制的微波信号光纤传输技术应用测试结果统计（dBm）
95MHz–105MHz	–20dBm	–11.89dBm
	–15dBm	–5.81dBm
	–15dBm	–0.92dBm
450MHz–550MHz	–20dBm	–13.46dBm
	–15dBm	–6.79dBm
	–10dBm	–2.41dBm
900MHz–1100MHz	–20dBm	–13.36dBm
	–15dBm	–7.69dBm
	–10dBm	–2.01dBm

通过上表数据对比可以看出，在相同的输入信号频率下及输入信号幅度中，基于自动增益控制的微波信号光纤传输最终得到的输出信号幅度值与未采用自动增益控制的微波信号光纤传输最终得到的输出信号幅度值存在较大差异。

自动增益系统除了信号监测功能外，还能及时判断信号故障点，并给予告警提示，同时将微波信号及时切换到正常备用信号源或设备。当实际输入信号频率分别设定为95MHz–105MHz、450MHz–550MHz及900MHz–1100MHz，且当实际输入信号幅度分别设定为–20dBm、–15dBm及–10dBm时，基于自动增益控制的微波信号光纤传输技术应用测试结果更为稳定，而未经自动增益控制的微波信号光纤传输输出信号幅度波动幅度很大，且随着输入信号幅度的变化而变化。

由此表明，微波信号光纤传输中自动增益控制系统具有可靠性好、实用性强及架构原理先进、经济性佳等诸多优点和特点。我站通过自动增益控制系统对改进后的信号源切换系统中的微波信号进行传输，系统链路简单明了，新配置的调制器符合国际通讯、网络接口标准，兼容性好，信息化程度高，符合卫星通信、计算机和网络通讯技术、广播电视技术要求标准和最新发展潮流。

结语

自动增益控制技术的应用，能够有效提升微波信号光纤通信质量与信号波动稳定性。以往在微波信号光纤通信系统中，光纤接头和光缆差损会导致光探测器输出的微波信号幅度变化不稳定，且接收光功率差异较大。而本文通过自动增益控制，不仅解决了这一问题，还经调制获得了高质量的微波传输信号。媒

参考文献

[1] 杨建梅．微波信号光纤传输技术探讨[J].数字通信世界，2018（9）：59.

[2] 王娜．微波信号光纤传输技术和运用[J].中国战略新兴产业，2017（36）：19.

[3] 郭芳．微波信号光纤传输技术与应用[J].通讯世界，2017（11）：82–83.

[4] 李祺锋，贾延彬，郭林丽，等．针对通信技术中信号传输的研究[J].中国高新区，2017（10）：154.

[5] 张剑文．微波信号光纤传输技术与应用[J].科技创新与应用，2016（16）：86.

（**作者单位**：四川广播电视台702发射传输台）

（上接第95页）

业出版、科普出版融合和地球生命科学文化产业园等方面持续发力，进一步掌握网络空间话语权，进一步提高出版社在出版行业的影响力、传播力和竞争实力。以地质出版社为例，按照“创新、改革、合作、融合、双效”的发展理念，奉行“创新驱动发展”和“项目驱动发展”的双驱动战略，重复发挥财政项目在融合发展推进中的重要作用。2015年，地质出版社与南京大学信息管理学院共建融合出版基地。同时，地质出版社与中国地质调查局、中国地质大学、中国地质博物馆等建立了产学研共建基地，这也是地质出版社融合出版队伍建设的创新型布局。在创新方面，《会飞的恐龙》属于创新的跨界融合发展产物。它实现了动漫IP创意与运营平台走出去，实现同英国、法国及非洲、阿拉伯等16个国家和地区的媒体资源交流与互换；加强与央视、卡酷、炫动等国内300家省市电视台媒体合作并发行资源；同时实现媒体广告收入与置换。

总之，从传统纸媒向融媒体转变，就需要创作者在形式上竭尽创新、编排时尚、插图精美，只有把知识“活”起来，才能创造经典力作，惠及当代，传于后世。媒

参考文献

[1] 杨艺，罗玉云．论新媒体传播技术及其发展趋势．衡水学院学报[J].2012（12）.

[2] 地质出版社．科普产业发展“十三五”规划研究报告[R].2015.

[3] 国家出版广电总局融合发展（武汉）重点实验室．第二届出版融合技术·编辑创新大赛.2018（3）.

[4] 国家新闻出版广电总局．关于推动传统出版和新兴出版融合发展的指导意见新广发[2015]32号，2015（3）.

（**作者单位**：地质出版社）